

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-232232

(43)Date of publication of application : 07.09.1993

(51)Int.Cl. G01S 17/36  
G01C 3/06

(21)Application number : 04-072309

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 21.02.1992

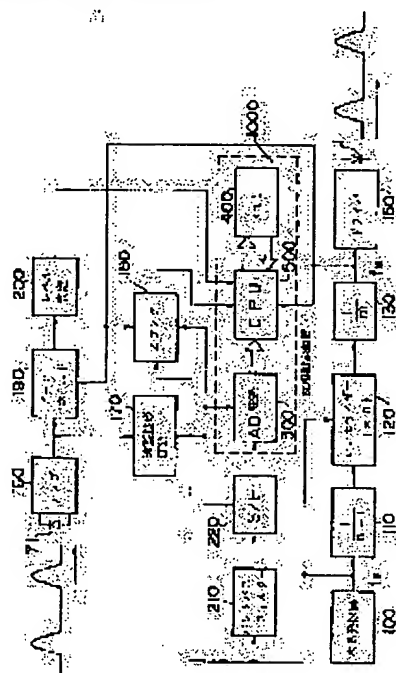
(72)Inventor : OISHI MASAHIRO  
OTOMO FUMIO  
KIMURA KAZUAKI  
YABE MASAOKI  
KATAYAMA YASUTAKA  
KOSHIKAWA KAZUE

## (54) PHASE MEASURING DEVICE AND DISTANCE MEASURING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain high measuring accuracy while removing inferior data by rearranging the respective addresses of a memory when the shift of the respective phases of the timing signals to a frequency signal to be measured is not  $1/n$  the cycle of said frequency signal.

**CONSTITUTION:** The frequency of the reference signal  $f_S$  from a quartz oscillator 100 is lowered to  $1/(n-1)$  by a first frequency divider 110 to be multiplied by  $n$ -times by a synthesizer and subsequently lowered to  $1/m$  by a second frequency divider 130 to form a measuring signal  $f_M$  according to the signal  $f_M$ . The light pulse emitted from the laser diode 1 is converted to an electric signal by an APD 71 to be sent to a sample holding circuit 220 and a signal  $f_S$  is also sent to the circuit 220 to be converted to digital signal to be stored in a memory 160. The signal from the amplifier 160 becomes a DC level signal by a peak holding circuit 190 and a level judging circuit 200 judges whether the APD 71 and the amplifier 160 are within a proper operation range on the basis of the quantity of light of a received light pulse train and, only when this quantity of light is a proper value, a CPU 500 employs the data from an A/D converter 300.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3141120

[Date of registration] 22.12.2000

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-232232

(43)公開日 平成5年(1993)9月7日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 1 S 17/36		4240-5 J		
G 0 1 C 3/06	Z	9008-2 F		

審査請求 未請求 請求項の数5(全 13 頁)

(21)出願番号 特願平4-72309

(22)出願日 平成4年(1992)2月21日

(71)出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72)発明者 大石 政裕

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
プコン内

(72)発明者 大友 文夫

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
プコン内

(72)発明者 木村 和昭

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
プコン内

(74)代理人 弁理士 和泉 雄一

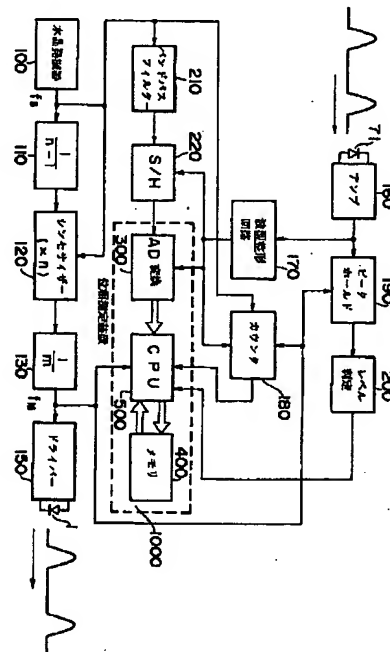
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 位相測定装置及び距離測定装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 入力データをA/D変換した後、メモリ上に記憶することでデータの並べ換えを行い、不良データを除去することのできる距離測定装置を提供する。

【構成】 タイミング信号発生手段が、被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、n回に一度同期するタイミング信号を発生し、このタイミング信号により被測定周波数信号をA/D変換し、デジタル信号を記憶する様になっている。加算手段が、メモリ手段に記憶されたデータとA/D変換されたデジタル信号データとを加算し、演算処理手段が、メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により被測定周波数信号の位相を検出すると共に、被測定周波数信号に対するタイミング信号の各位相のずれが、周期の $1/n$ でない場合には、メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることで、被測定周波数信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 特定の周波数で繰り返す被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、n回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記被測定周波数信号をA/D変換するためのA/D変換手段と、このA/D変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するためのn個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記A/D変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記被測定周波数信号の位相を検出するための演算処理手段とから構成されていることを特徴とする位相測定装置。

【請求項2】 A/D変換手段は、サンプルホールド手段を含んでおり、このサンプルホールドされた値をA/D変換する様に構成されている請求項1記載の位相測定装置。

【請求項3】 特定の周波数で繰り返す被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、n回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記被測定周波数信号をA/D変換するためのA/D変換手段と、このA/D変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するためのn個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記A/D変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記被測定周波数信号の位相を検出するための演算処理手段とからなっており、この演算処理手段は、前記被測定周波数信号に対する前記タイミング信号の各位相のずれが、前記被測定周波数信号の周期の $1/n$ でない場合には、前記メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、前記被測定周波数信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する様に構成されていることを特徴とする位相測定装置。

【請求項4】 パルスの発光する光源部と、この光源部からの光を測定対象物に対して送出するための光学手段と、この測定対象物からの反射光を受光し、電気信号の受信パルスに変換するための受光手段と、この受光手段で変換された受信信号に対して、この受信信号と同期が異なり、n回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記受信信号をA/D変換するためのA/D変換手段と、このA/D変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するためのn個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記A/D変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスの

データから、フーリエ変換により前記受信信号の位相を検出し、前記光源部からの発光から前記受信信号までの位相差に基づき、測定対象物までの距離を演算するための演算処理手段とから構成されていることを特徴とする距離測定装置。

【請求項5】 パルスの発光する光源部と、この光源部からの光を測定対象物に対して送出するための光学手段と、この測定対象物からの反射光を受光し、電気信号の受信パルスに変換するための受光手段と、この受光手段で変換された受信信号に対して、この受信信号と同期が異なり、n回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記受信信号をA/D変換するためのA/D変換手段と、このA/D変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するためのn個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記A/D変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記受信信号の位相を検出し、前記光源部からの発光から前記受信信号までの位相差に基づき、測定対象物までの距離を演算するための演算処理手段とからなっており、この演算処理手段は、前記受信信号に対する前記タイミング信号の各位相のずれが、前記受信信号の周期の $1/n$ でない場合には、前記メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、前記受信信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する様に構成されていることを特徴とする距離測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、被位相測定波形の波形全体から位相情報を取り出すことのできる位相測定装置に係わり、特に、入力データをA/D変換した後、メモリ上に記憶することでデータの並べ換えを行い、不良データを除去することのできる距離測定装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のパルス方式の光波距離計は、図5に示す様に、水晶発振器1100と第1の分周器1110とシンセサイザー1120と第2の分周器1130と第3の分周器1140とレーザダイオード1とレーザダイオードドライバ1150とAPD71とアンプ1160と波形整形回路1170とカウンタ1180とバンドパスフィルタ1210とサンプルホールド(S/H)1220とローパスフィルタ1230とコンパレータ1240と演算回路1500とから構成されている。

【0003】 水晶発振器1100から出力された周波数 $f$ の基準信号は、第1の分周器1110で $(N-1)$ 分の1に分周される。第1の分周器1110で分周された信号は、シンセサイザー1120に送られN倍に連倍

3

される。そしてシンセサイザ1120の出力信号は、第2の分周器1130に送られて $m$ 分の1に分周されて周波数 $f_m$ の測定信号となる。

【0004】レーザダイオードドライバ1150は、第2の分周器1130の出力信号に基づいてレーザダイオード1を発光させる様になっている。レーザダイオード1から発光された光パルスは、被測定点であるコーナーキューブに向かって発射され、コーナーキューブで反射された光パルスは、受光素子であるAPD71に入射される。

【0005】この外部測距光路からAPD71に入射された光パルスは、電気信号に変換されアンプ1160で増幅された後、波形整形回路1170で二値化のデジタル信号に変換されて、サンプルホールド(S/H)1220に送られる。

【0006】水晶発信器1100から出力された周波数 $f_s$ の基準信号は、バンドパスフィルタ1210にも送られ、正弦波信号に変換されてサンプルホールド(S/H)1220に送られる。サンプルホールド(S/H)1220は、バンドパスフィルタ1210からの正弦波信号を、波形整形回路1170で二値化されたデジタル信号でサンプルホールドする様になっている。

【0007】ここで、周波数 $f_s$ の基準信号と、周波数 $f_m$ の測定信号の関係は

【0008】

【数1】

$$f_m = \frac{n}{m(n \pm 1)} f_s$$

【0009】

【数2】

$$m = m' n + 1$$

【0010】とすると、 $f_s$ と $f_m$ の関係は、

【0011】

【数3】

$$\begin{aligned} \frac{\frac{1}{f_m}}{\frac{1}{f_s}} &= \frac{m(n \pm 1)}{n} \\ &= \frac{(m' n + 1) \times (n \pm 1)}{n} \\ &= \frac{m' n^2 + n \pm m' n \pm 1}{n} \\ &= m' n + 1 \pm m' \pm \frac{1}{n} \end{aligned}$$

【0012】となる。

【0013】ここで、 $m$ ダッシュを整数とすると、サンプルホールド(S/H)1220はバンドパスフィルタ1210からの正弦波信号を、各受信パルス毎に、基準

4

信号 $f_s$ の周期の $n$ 分の1づつ位相がずれながら順序よくホールドし、周波数 $f_L$ の低周波の段階状の信号を出力する。そして $f_L$ の周波数は、 $f_m$ の測定信号が $n$ 回で1周期となるので、

【0014】

【数4】

$$f_L = \frac{f_m}{n} = \frac{1}{m(n \pm 1)} f_s$$

10 【0015】となる。

【0016】なお、 $f_s$ と $f_m$ と $f_L$ との関係は、本願出願人が出願した特願平1-165656号に詳細に記載されている。

【0017】サンプルホールド(S/H)1220の出力信号は、ローパスフィルタ1230に送られて基本波成分が取り出され、コンパレータ1240により矩形波に変換され、変換された信号はカウンタ1180に送られる。カウンタ1180には、第2の分周器1130の出力信号を、第3の分周器1140で更に $1/n$ に分周した比較用信号 $f_n$  ( $f_n$ は、 $f_L$ と同一の周波数である)と、水晶発信器1100からの基準信号 $f_s$ とが入力されている。従ってカウンタ1180は、比較用信号 $f_n$ でゲートが開き、コンパレータ1240からの信号によりゲートが閉じる様になっており、ゲートが開いている間、水晶発信器1100からの基準信号 $f_s$ をカウントする様になっている。

【0018】そして演算回路1500が、カウンタ1180のカウント値により、比較用信号 $f_n$ と、コンパレータ1240からの信号との位相差を演算する様に構成されていた。そして演算回路1500は、光波距離計内部の内部参照光路についても同様な動作を行い、外部測距光路と内部参照光路との位相差から、コーナーキューブまでの距離を演算していた。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のバルス方式の光波距離計は、コンパレータ1240が、ローパスフィルタ1230の出力のゼロクロスポイントを検出する様に構成されているため、ゼロクロス点のみが位相情報となり、ゼロクロスポイント以外の部分の位相情報が全く利用されないという問題点があった。

40 【0020】更にコンパレータ1240の出力信号 $f_L$ は、APD71やアンプ1160の雑音や、波形整形回路1170、サンプルホールド(S/H)1220、ローパスフィルタ1230やコンパレータ1240等の揺らぎにより、揺らいでいる。このため、比較用信号 $f_n$ とコンパレータ1240の出力信号 $f_L$ の位相差が非常に小さい場合には、図6に示す様に、(a)、(b)及び(c)の部分で、カウンタ1180の出力値が大きく異なるという現象が起きる。このため、ある一定の時間内では、カウンタ1180の出力値を単純に平均すると

とはできないという問題点があった。

【0021】また光波距離計とコーナークューブとの間では、空気の揺らぎ等により、受光パルスの光量は変動している。受光パルスの光量が、APD71やアンプ116が適正に動作する光量範囲を外れた場合には、正確な受信タイミングを捕らえることはできない。この時のサンプルホールド値は不良データであり、使用しないことが望ましいが、ローパスフィルタ1230等のアナログデータでは、不良データのみを排除することは不可能であった。

【0022】更にサンプルホールド(S/H)1220からの段階状の波形をローパスフィルタ1230により平滑化し、段階状波形の基本波成分を取り出すためには、被測定波形との位相ずれを順序よく検出し、ビートダウンされた波形がきれいに並ぶ様な $f_c$ を選択しなければならないという制限があった。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、特定の周波数で繰り返す被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記被測定周波数信号をAD変換するためのAD変換手段と、このAD変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するための $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記AD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記被測定周波数信号の位相を検出するための演算処理手段とから構成されている。

【0024】また本発明のAD変換手段は、サンプルホールド手段を含んでおり、このサンプルホールドされた値をAD変換する様に構成することもできる。

【0025】更に本発明は、特定の周波数で繰り返す被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記被測定周波数信号をAD変換するためのAD変換手段と、このAD変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するための $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記AD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記被測定周波数信号の位相を検出するための演算処理手段とからなっており、この演算処理手段は、前記被測定周波数信号に対する前記タイミング信号の各位相のずれが、前記被測定周波数信号の周期の $1/n$ でない場合には、前記メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、前

記被測定周波数信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する様に構成されている。

【0025】そして本発明の距離測定装置は、パルスのに発光する光源部と、この光源部からの光を測定対象物に対して送出するための光学手段と、この測定対象物からの反射光を受光し、電気信号の受信パルスに変換するための受光手段と、この受光手段で変換された受信信号に対して、この受信信号と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記受信信号をAD変換するためのAD変換手段と、このAD変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するための $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記AD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記受信信号の位相を検出し、前記光源部からの発光から前記受信信号までの位相差に基づき、測定対象物までの距離を演算するための演算処理手段とから構成されている。

【0026】また本発明の距離測定装置は、パルスのに発光する光源部と、この光源部からの光を測定対象物に対して送出するための光学手段と、この測定対象物からの反射光を受光し、電気信号の受信パルスに変換するための受光手段と、この受光手段で変換された受信信号に対して、この受信信号と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記受信信号をAD変換するためのAD変換手段と、このAD変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するための $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記AD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記受信信号の位相を検出し、前記光源部からの発光から前記受信信号までの位相差に基づき、測定対象物までの距離を演算するための演算処理手段とからなっており、この演算処理手段は、前記受信信号に対する前記タイミング信号の各位相のずれが、前記受信信号の周期の $1/n$ でない場合には、前記メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、前記受信信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する様に構成されている。

【0027】

【作用】以上の様に構成された本発明は、タイミング信号発生手段が、特定の周波数で繰り返す被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生し、AD変換手段が、このタイミング信号により被測定周波数信号をAD変換し、 $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段が、AD変

換手段により変換されたデジタル信号を記憶する様になっている。そして加算手段が、メモリ手段に記憶されたデータとAD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算し、演算処理手段が、メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により被測定周波数信号の位相を検出すると共に、被測定周波数信号に対するタイミング信号の各位相のずれが、被測定周波数信号の周期の $1/n$ でない場合には、メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、被測定周波数信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する様になっている。

【0028】また本発明のAD変換手段は、サンプルホールド手段がサンプルホールドを行い、このサンプルホールドされた値をAD変換することでもできる。

【0029】更に本発明の距離測定装置は、光源部がパルスを発光し、光学手段が、光源部からの光を測定対象物に対して送出し、受光手段が、この測定対象物からの反射光を受光し、電気信号の受信信号に変換する様になっている。そしてタイミング信号発生手段が、受信信号と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生し、AD変換手段が、このタイミング信号により受信信号をAD変換し、 $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段が、AD変換手段により変換されたデジタル信号を記憶する様になっている。そして加算手段が、メモリ手段に記憶されたデータとAD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算し、演算処理手段が、メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により受信信号の位相を検出すると共に、受信信号に対するタイミング信号の各位相のずれが、受信の周期の $1/n$ でない場合には、メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、受信信号の相似のデータを再現し、このデータを利用して位相を演算する様になっている。そして演算処理手段が、光源部からの発光から受信信号までの位相差に基づき、測定対象物までの距離を演算する様になっている。

【0030】

【実施例】本発明の実施例を図面に基ついて説明する。

【0031】第2図に示す様に本実施例の光波距離計は、レーザダイオード1と、コンデンサレンズ2と、コンデンサレンズ3と、一対の分割プリズム41、42と、光路切り替えチョッパ5と、内部光路6と、APD71と、遅延用光ファイバー8と、プリズム9と、対物レンズ10から構成されている。そして、コーナキューブ11は、光波距離計本体から離れた位置に配置される測定対象物に該当するものであり、光パルスを反射する機能を有している。

【0032】レーザダイオード1とコンデンサレンズ21、22と発光側光ファイバー81と分割プリズム41とプリズム9と対物レンズ10とが光学手段に該当する。

【0033】レーザダイオード1は光源部に該当するもので、本実施例のレーザダイオード1はパルスレーザダイオードが採用されており、比較的大きなピークパワーを持ち、デューティ比が0.01%程度のパルス波を発生させることができる。光路切り替えチョッパ5は光束を切り替えるものである。受光素子7は受光手段に該当するものであり、レーザダイオード1から発射されたパルス光線を受光できる素子であれば足りる。

【0034】遅延用光ファイバー8は光学的遅延手段の1つであり、遅延用光ファイバー8には、モード分散を防止するためにGIファイバを採用することが望ましい。

【0035】分割プリズム41は、第1のハーフミラー411と第2のハーフミラー412とから構成されており、分割プリズム42は、第1のハーフミラー421と第2のハーフミラー422とからなっている。レーザダイオード1側と分割プリズム41の間は、発光側光ファイバー81と遅延用光ファイバー8で結ばれている。更に分割プリズム42と受光素子7側との間は、受光側光ファイバー82で結ばれている。なお本実施例では、発光側光ファイバー81の一部が、遅延用光ファイバー8を兼ねる様な構成となっている。

【0036】発光パルスがレーザダイオード1から発射されると、コンデンサレンズ21、22により発光側光ファイバー81の入力端81aに結合される。発光側光ファイバー81は、遅延用光ファイバー8と連設されているので、光パルスは、遅延用光ファイバー8内を進行し、分割プリズム41に送られる。分割プリズム41の第1のハーフミラー411を透過したパルス列は、光路切り替えチョッパ5を介して、外部測距光路に射出可能となっている。分割プリズム41の第1のハーフミラー411で反射され、更に第2のハーフミラー412で反射されたパルスは、光路切り替えチョッパ5を介して、内部測距光路6に射出可能となっている。光路切り替えチョッパ5は、内部測距光路6と外部測距光路を切り替えるためのものである。従って、光路切り替えチョッパ5が外部測距光路を選択した場合には、光パルスはプリズム9で反射された後、対物レンズ10により外部に射出される。

【0037】対物レンズ10から射出されたパルスは、コーナキューブ11で反射され、再び対物レンズ10で受光されプリズム9に送られる。受光されたパルス列は、プリズム9で反射されて分割プリズム42に送られ、分割プリズム42の第1のハーフミラー421を透過した受信パルス光は、受光側光ファイバー82の受光端82aに結合される。

【0038】なお光路切り替えチョッパ5が内部測距光路6を選択した場合には、発光パルスは、内部測距光路6を通して分割プリズム42に送られる。そして光パルスは、分割プリズム42に内蔵された第1のハーフミラ

ー421と第2のハーフミラー422で反射され、受光側光ファイバー82の受光端82aに結合される様になっている。

【0039】そして受光側光ファイバー82の射出端82bから射出された光パルスは、コンデンサレンズ31、32によりAPD71に結合する様になっており、受光素子7で電流パルスに変換される様になっている。

【0040】次に本実施例の電気回路の構成を詳細に説明する。

【0041】図1に示す第1実施例は、水晶発振器100と第1の分周器110とシンセサイザー120と第2の分周器130とレーザダイオード1とレーザダイオードドライバー150とAPD71とアンプ160と波形整形回路170とカウンタ180とピークホールド回路190とレベル判定回路200と、バンドパスフィルタ210とサンプルホールド(S/H)220と位相測定装置10000とから構成されている。また位相測定装置10000は、ADコンバータ300とメモリ400とCPU500とから構成されている。

【0042】水晶発振器100は基準信号発生手段の1つであり、基準信号 $f_s$ を発生させている。この基準信号は、第1の分周器110とシンセサイザー120とバンドパスフィルタ210とカウンタ180とに供給されている。第1の分周器110に供給された基準信号は、第1の分周器110で $1/(n-1)$ に分周されてシンセサイザー120に送られる。シンセサイザー120は、第1の分周器110から供給された信号を $n$ 倍し、第2の分周器130に送出する様になっている。第2の分周器130は、シンセサイザー120から供給された信号を $1/m$ に分周して測定信号 $f_m$ を作っている。なお、第1の分周器110、第2の分周器130、シンセサイザ120の出力信号は、2値化の信号である。

【0043】そしてレーザダイオードドライバー150は、第2の分周器130の出力信号である測定信号 $f_m$ に従って、レーザダイオード1をパルスの駆動するものである。

【0044】なお第2の分周器130の出力信号である測定信号 $f_m$ は、CPU500とカウンタ180とピークホールド190にも供給されている。測定信号 $f_m$ は、CPU500に対して発光確認信号となり、カウンタ180及びピークホールド190に対してはリセット信号となる。

【0045】レーザダイオード1から発射された光パルスは、光学系を通過しAPD71で受光される。このAPD71は受光素子7の1つであり、pn接合に深いバイアスを加えてナタレ増倍を誘起させ、利得を得ることのできるダイオードである。APD71は、内部参照光路を通った光パルスと、外部測距光路を通った光パルスを受光する。APD71により光パルスは、電流パルスの電気信号に変換され、アンプ160に送られる。

【0046】アンプ160は、APD71から入力された信号を増幅するものであり、アンプ160の出力信号は、波形整形回路170により二値化のデジタルデータに変換され、カウンタ180とサンプルホールド(S/H)220とADコンバータ300とに送られる。

【0047】水晶発振器100からバンドパスフィルタ210に送られた $f_s$ は正弦波となり、サンプルホールド回路220に送られる。サンプルホールド回路220は、この正弦波を波形整形回路170の信号によりサンプルホールドする。そしてホールドされた値は、ADコンバータ300に送出されAD変換され、変換されたデジタルデータは予め定められたメモリ400に記憶される様になっている。

【0048】またアンプ160からピークホールド回路190に送られた信号は、ピークホールド回路190にピークホールドされ、パルス光の波高値に応じたDCレベル信号となり、レベル判定回路200に送られる。レベル判定回路200はピークホールド回路190からの信号を受け、受光パルス列の光量がAPD71、アンプ160が適正に動作する範囲であるかを判定し、その結果をCPU500に送る様になっている。CPU500は、レベル判定回路200からの信号を受け、受光パルス列の光量が適正值である場合のみ、ADコンバータ300からのデータを採用する様になっている。

【0049】次に、 $f_s = 15\text{MHz}$ 、 $n = 101$ 、 $m = 5000$ とした場合の位相関係を説明することにする。

【0050】 $m$ ダッシュ、 $f_m$ 、 $f_s$ の値及びその位相関係は、 $(n-1)$ について求めれば、「数2」により

【0051】

【数5】

$$\begin{aligned} m' &= \frac{m-1}{n} \\ &= \frac{5000-1}{101} \\ &= 49 \frac{50}{101} \end{aligned}$$

【0052】となる。

【0053】さらにパルス列の周波数 $f_m$ は、「数1」より、

【0054】

【数6】

$$\begin{aligned} f_m &= \frac{n}{m(n-1)} f_s \\ &= \frac{101}{5000(101-1)} 15\text{MHz} \\ &= 3030\text{Hz} \end{aligned}$$

【0055】となり、この時、受信されるパルス列の周波数 $f_m$ と、バンドパスフィルタ210からの正弦波の



周波数  $f_s$  の位相関係は、「数3」より

【0056】

$$m \cdot n + 1 - m \cdot \frac{1}{n} = 49 \frac{50}{101} \times 101 + 1 - 49 \frac{50}{101} - \frac{1}{101}$$

$$= 4951 - \frac{51}{101}$$

【0057】となり、「数7」の値つつずれて、発光パルスが101回で再び同一の位相関係となる。この周波数は、「数4」より、

【0058】

【数8】

$$f_L = \frac{f_m}{n} = \frac{1}{m(n-1)} f_s$$

$$= \frac{3030 \text{ Hz}}{101}$$

$$= 30 \text{ Hz}$$

【0059】となる。

【0060】即ち、水晶発振器100から送出された15MHzを、バンドパスフィルタ210に通して得られた正弦波と、レーザダイオード1の発光周波数3030Hzとは、少しずつずれている。このため、受信タイミング信号とバンドパスフィルタ210に通して得られた正弦波との位相関係も同様に少しずつずれている。

【0061】各発光パルス列と、バンドパスフィルタ210に通して得られた正弦波正弦波信号との位相関係は、101回で1周期となる位相関係になっており、102回目の発光パルス列は、1回目と同じ位相関係となる様になっている。このため、サンプルホールド(S/H)220の出力信号は、

$$【0062】 f = 3030 \text{ Hz} / 101$$

$$= 30 \text{ Hz}$$

【0063】で1周期となる。

【0064】この様子を図3に基づいて詳細に説明することとする。図3(a)は、バンドパスフィルタ210からの正弦波信号の周波数  $f_s$  に対して、周波数  $f_m$  のパルス列の位相ずれの順序を示したものである。図3(b)は、バンドパスフィルタ210からの正弦波信号の周波数  $f_s$  と、受信されるパルス列の周波数  $f_m$  との関係を示し、更に、サンプルホールド回路220から出力される周波数  $f_L$  の段階状波形を示すものである。

【0065】以上の様に、サンプルホールド回路220から出力される波形は、周波数  $f_L$  で繰り返し、 $n$  個のホールド値から構成される。従ってメモリ400は、 $n$  個以上の記憶容量が必要となる。このメモリ400は各発光パルス毎に、CPU500によりアドレスがインクリメントされる様に構成されており、AD変換されたデータが、CPU500を介して順次メモリ400上に記憶される。

\*【数7】

【0066】メモリ400とCPU500は、加算手段の機能も伴っており、記憶されたメモリ400上の任意のアドレスのデータとAD変換されたデータを加算し、再びメモリ400上に記憶させることができる。そして  $n+1$  回目以降のデータは1周期目と同じ位相関係になるので、レベル判定回路200の判断が適正であれば、前回の周期のデータと加算し、後に平均化処理を施すことにより、AD変換データの精度を向上させることができる。

【0067】即ち、サンプルホールド(S/H)220の出力信号は、30Hzで1周期となり正弦波とならないが、AD変換後にメモリ400に記憶する段階で並べ替えを実行することにより、正弦波状となるAD変換データを作ることができる。換言すれば、受信信号の周期の  $1/n$  でない場合には、前記メモリ手段の各アドレスのデータを並びかえることにより、受信信号の相似のデータを再現することができる。

【0068】更に102回目以降の以降の発光パルス列によるサンプルホールド及びAD変換されたデータは、30Hzの2周期目以降のデータとなるため、レベル判定回路200の判定結果が適正であれば前回までの周期のデータと加算し、後にデータの平均化処理を行ってAD変換データの精度を高めることができる。

【0069】次にメモリ400に記憶されたデータから、位相を計算する方法を説明する。メモリ400に記憶されているデータは、図3(b)の  $f_L$  の波形の横軸がメモリ400のアドレスに相当しており、 $f_L$  の波形の縦軸が、そのアドレス上のデータ値が相当する様になっている。

【0070】図3(b)の  $f_L$  の波形は、バンドパスフィルタ210からの正弦波から得られたものであり、この正弦波  $f_s$  に対する周波数  $f_m$  のパルス列の位相ずれ順序も既知であるから、メモリ400のアドレスを並べ替えることにより、正弦波を復元することができる。この復元された正弦波は、図4に示す様になっており、正弦波波形の位相  $\theta_i$  は、正弦波波形の各データを、

(i) とした時、

【0071】

【数9】

$$a = \sum_{i=1}^n D_o(i) \times \sin \left( 2\pi \times \frac{i}{n} \right)$$

50 【0072】

【数10】

$$b = \sum_{i=1}^n D_o(i) \times \cos \left( 2\pi \times \frac{i}{n} \right)$$

【0073】

【数11】

$$\theta_o = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right)$$

【0074】として、求めることができる。(但し、 $i = 1 \sim n$ )

【0075】この演算は、サンプルホールド回路220から出力される周波数 $f_i$ の波形から、フーリエ変換の手法により、 $f_i$ の波形の基本波成分の位相を求めたことに相当する。

【0076】以上の演算をメモリ400とCPU500により実行することができる。従って位相測定装置1000は、ADコンバータ300とメモリ400とCPU500とから構成されていることになる。

【0077】以上の様に実行されるレーザダイオード1の発光から、AD変換されたデータのメモリ400への格納までの処理を、外部測距光路と内部参照光路について行う。そして内部参照光路によるAD変換データと、外部測距光路のAD変換データとの、2つの波形の位相差が光路差に相当することになる。

【0078】即ち、外部測距光路の位相を $\theta$ とし、内部参照光路の位相を $\theta_1$ とすれば、光波距離計から被測定物であるコーナキューブまでの距離は、

【0079】

【式12】

【0080】となる。但し、 $C$ は光速である。

【0081】この様にして求めた精密測定距離 $L$ は、水晶発振器100の基準周波数 $f_s$ の時間軸を拡大して、その位相をフーリエ変換により求めたものである。従って、

【0082】 $(C/f_s) * (1/2)$

【0083】を1周期とする距離を内挿したものである。従って、 $f_s$ が15MHzとすると、1周期が10mとなる。

【0084】また粗測定距離についても、外部測距光路におけるカウンタ180のカウント値から10mの精度で求めることができる。即ち、水晶発振器100の基準周波数 $f_s$ をカウンタ180が、第2の分周器130の信号から波形整形回路170の信号までの間、カウントするものである。そしてカウント値はCPU500に送られ、外部測距光路のカウント値と内部参照光路のカウント値の差から粗測定距離を求めることができる。

【0085】そして粗測定距離と精密測定距離を組み合わせることにより、光波距離計から測定対象物までの実際の距離を求めることができる。これらの動作を行う構成が距離測定手段に該当するものである。

【0086】なお精密測定距離は、AD変換されたデータ値に対してフーリエ変換を施して基本波成分の位相を求めているので、サンプルホールドされる波形は必ずしも正弦波である必要はなく、積分波や三角波等であってもよい。同様にバンドパスフィルタ210に代えて、ローパスフィルタを採用することもできる。

【0087】そして本発明は、パルス方式の光波距離計のみならず、従来のLEDを用いた連続変調方式の光波距離計の位相測定にも応用することができる。

10 【0088】

【効果】以上の様に構成された本発明は、特定の周波数で繰り返す被測定周波数信号に対して、この被測定周波数と同期が異なり、 $n$ 回に一度同期するタイミング信号を発生させるためのタイミング信号発生手段と、このタイミング信号により前記被測定周波数信号をAD変換するためのAD変換手段と、このAD変換手段により変換されたデジタル信号を記憶するための $n$ 個のアドレスを有するメモリ手段と、このメモリ手段に記憶されたデータと前記AD変換手段により変換されたデジタル信号データとを加算するための加算手段と、前記メモリ手段の各アドレスのデータから、フーリエ変換により前記被測定周波数信号の位相を検出するための演算処理手段とから構成されているので、位相測定の平均化効果が高く、コンパレータでの位相比較の様に、被位相測定波形と比較信号との位相差が小さい場合にも誤動作が起きないという効果がある。

【0089】更にAD変換されたデータをメモリ上に記憶する構成となっているので、各波形データを個別に処理することができ、データの取り込みの自由度が高く、メモリ上のデータを自由に並びかえることができるので、「数2」の $m$ ダッシュを整数値にする必要がなく、分周期の分周比を回路上最適なものにすることができるという効果がある。

【0090】そして、この位相測定装置を使用した距離測定装置は、空気の揺らぎ等による不良データを除去することができ、極めて精度の高い距離測定を行うことができるという卓越した効果がある。

【0091】

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明の実施例の電気構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例の光学構成を示す図である。

【図3】本実施例の $f_s$ 、 $f_m$ 、 $f_i$ の波形を説明する図である。

【図4】本実施例の並べ変えにより復元された波形を説明する図である。

【図5】従来の技術を説明する図である。

【図6】従来の技術の問題点を説明する図である。

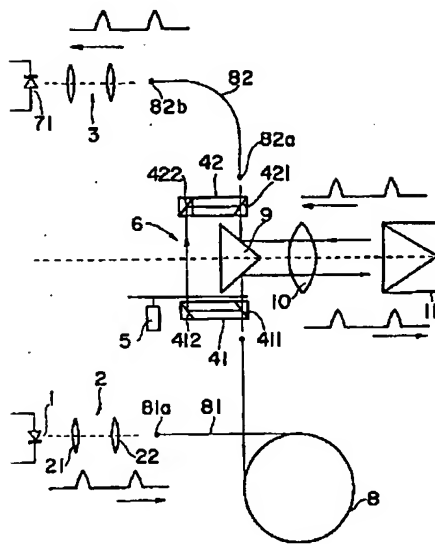
【符号の説明】

1 レーザダイオード

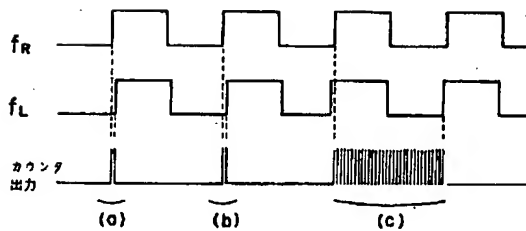
50 2 コンデンサレンズ

- 3 コンデンサレンズ
- 41 分割プリズム
- 42 分割プリズム
- 5 光路切り替えチョッパ
- 71 APD
- 8 遅延用光ファイバー
- 9 プリズム
- 10 対物レンズ
- 11 コーナークューブ
- 160 アンプ
- 170 波形整形回路

【図2】



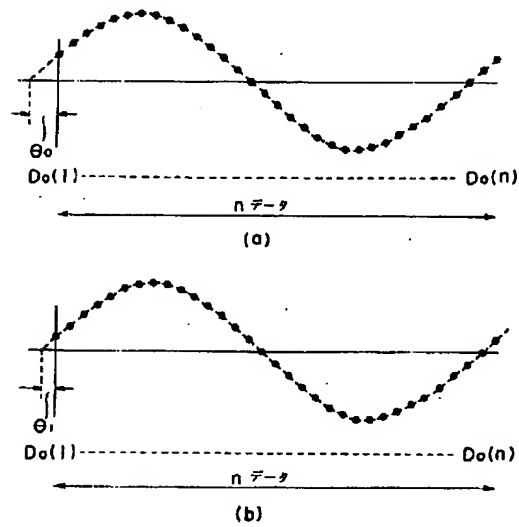
【図6】



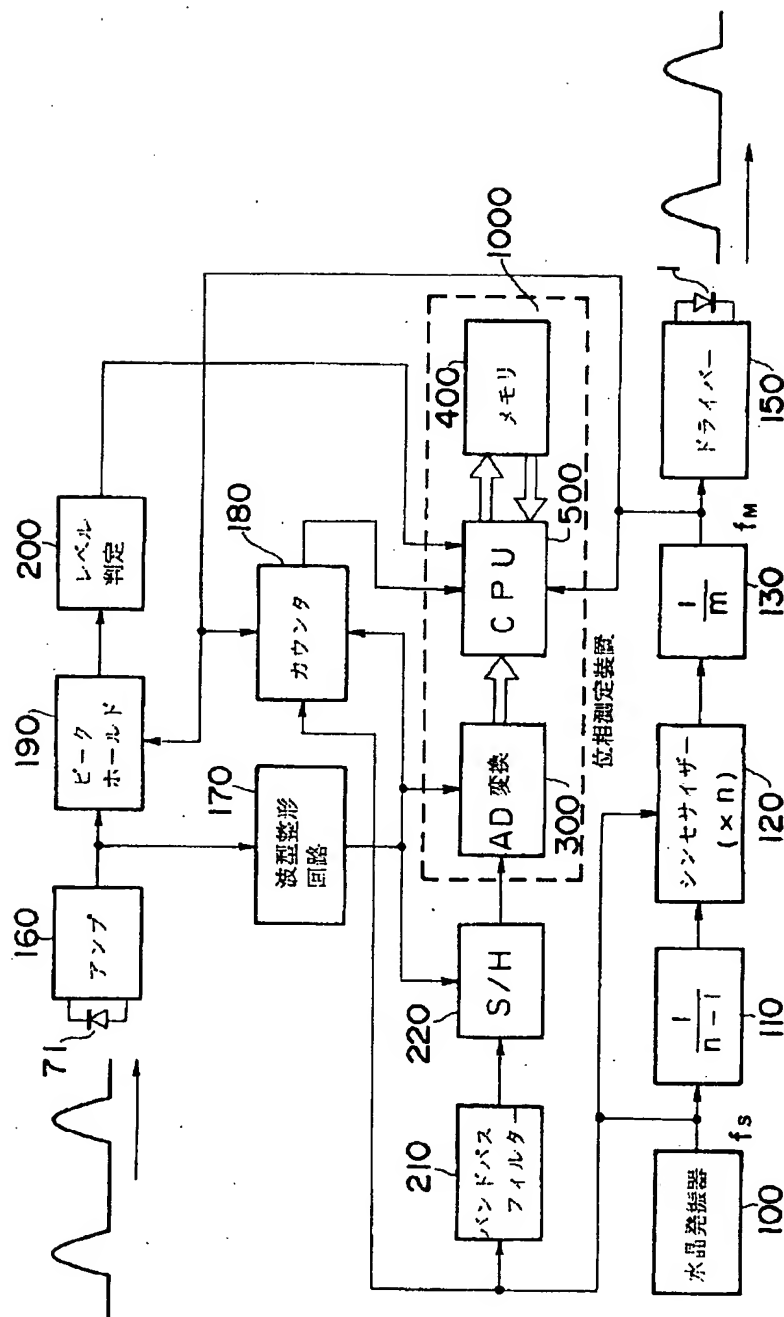
- \* 180 カウンタ
- 190 ピークホールド回路
- 200 レベル判定回路
- 220 サンプルホールド回路
- 300 ADコンバータ
- 400 メモリ
- 500 CPU
- 10000 位相測定装置
- 【数12】

$$L = (\theta_0 - \theta_1) \times \frac{1}{2\pi} \times \frac{C}{f_s} \times \frac{1}{2}$$

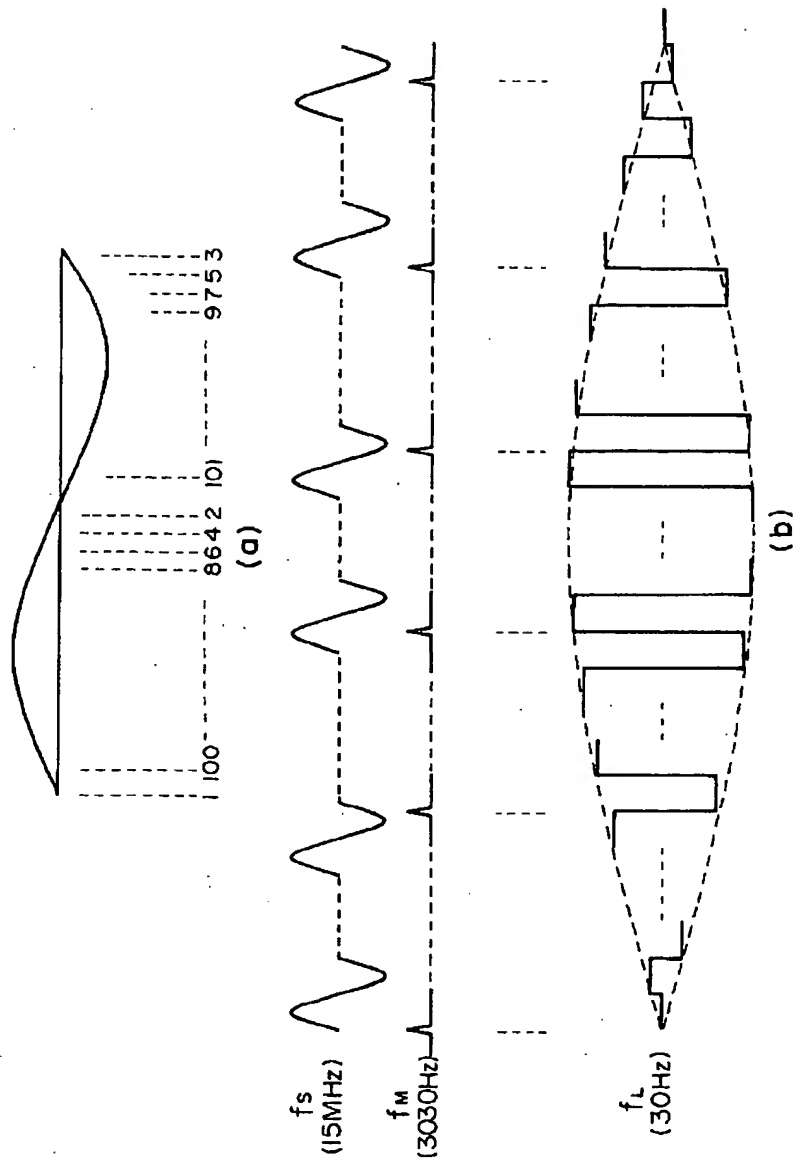
【図4】



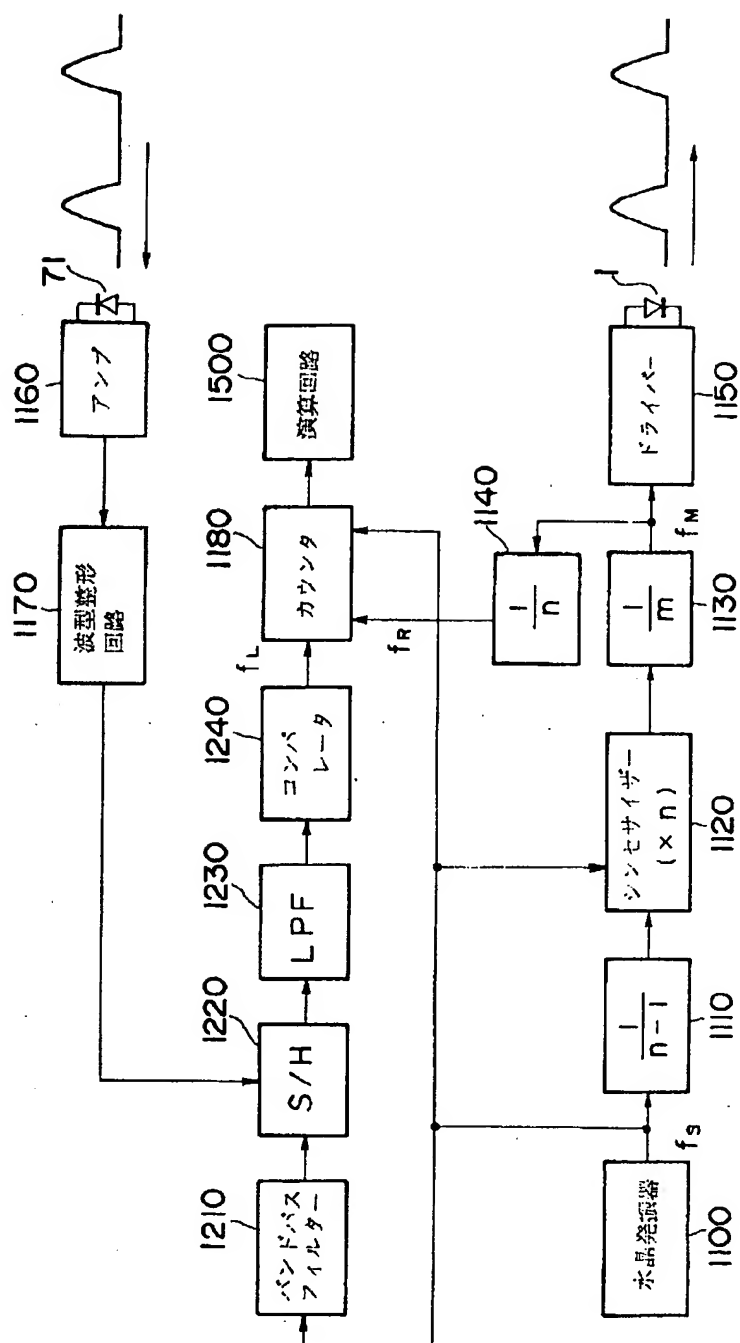
【図1】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 矢部 雅明  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
ブコン内

(72)発明者 片山 康隆  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
ブコン内  
(72)発明者 越川 和重  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
ブコン内